

=> e de3539841/pn

E1 1 DE3539836/PN  
E2 1 DE3539839/PN  
E3 1 --> DE3539841/PN  
E4 1 DE3539842/PN  
E5 1 DE3539843/PN  
E6 1 DE3539844/PN  
E7 1 DE3539845/PN  
E8 1 DE3539846/PN  
E9 1 DE3539847/PN  
E10 1 DE3539848/PN  
E11 1 DE3539849/PN  
E12 1 DE3539850/PN

=> s e3

L5 1 DE3539841/PN

=> d l5 ibib

L5 ANSWER 1 OF 1 WPINDEX COPYRIGHT 2003 THOMSON DERWENT on STN  
ACCESSION NUMBER: 1987-073645 [11] WPINDEX  
DOC. NO. NON-CPI: N1987-055820  
TITLE: Resistance braking appts. especially for hand operated  
electric tool - changes motor over to generator operation with  
resistance connected to motor terminals.  
DERWENT CLASS: P63 V06 X25  
PATENT ASSIGNEE(S): (SCHR-I) SCHROCKER R  
COUNTRY COUNT: 1  
PATENT INFORMATION:

PATENT NO	KIND	DATE	WEEK	LA	PG
DE 3539841	A	19870312	(198711)*	16	<--
DE 3546606	A	19871217	(198751)	9	
DE 3539841	C	19900301	(199009)		<--
DE 3546606	C	19900322	(199012)		

APPLICATION DETAILS:

PATENT NO	KIND	APPLICATION	DATE
DE 3539841	A	DE 1985-3539841	19851109
DE 3546606	A	DE 1985-3546606	19851109

PRIORITY APPLN. INFO: DE 1985-3531503 19850904; DE 1985-3539841  
19851109; DE 1985-3546606 19851109

=> d l5 ab

L5 ANSWER 1 OF 1 WPINDEX COPYRIGHT 2003 THOMSON DERWENT on STN  
AB DE 3539841 A UPAB: 19930922  
A resistance brake circuit (12) having two connections (31,32) is included  
in the arrangement. After use as a motor the electrical machine is  
connected by its two terminals (31,32) to the current supply lines by  
means of a change-over system (5).  
The resistance brake circuit (12) has, between its connection  
terminals, a resistance value rising or falling instantaneously with the  
rising or falling EMF of the motor working as a generator when braking.

The resistance element (34) can be of a bipolar transistor.

USE/ADVANTAGE - Electric power tool with universal motor. Despite smooth breaking gives a sufficiently quick stop, avoiding excessive sparking.

1/7

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl ungsschrift  
⑪ DE 3539841 A1

⑤ Int. Cl. 4:  
H02P 3/06  
B 27 G 19/00

⑳ Aktenzeichen: P 35 39 841.8  
㉑ Anmeldetag: 9. 11. 85  
㉒ Offenlegungstag: 12. 3. 87

Behördeneigentlich

DE 3539841 A1

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
04.09.85 DE 35 31 503.2

⑦① Anmelder:  
Schröcker, Rainer, Dipl.-Ing., 7250 Leonberg, DE

⑦④ Vertreter:  
Rüger, R., Dr.-Ing.; Barthelt, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.,  
7300 Esslingen

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Widerstandsbremseinrichtung

Um nach dem Abschalten des Motorbetriebs insbesondere von handgeführten Elektrowerkzeugen zu einem schnellen Stillstand zu gelangen, wird der Antriebsmotor in den Generatorbetrieb umgeschaltet, und an die Anschlußklemmen des Motors wird ein Widerstandsbremskreis angeschlossen. Damit kein ruckartiges Bremsen erfolgt und auch der Kollektor nicht übermäßig belastet wird, weist der Widerstandsbremskreis zwischen seinen Anschlüssen einen mit der EMK fallenden Widerstandswert auf.

DE 3539841 A1

## Patentansprüche

1. Widerstandsbremseinrichtung für einen Anker aufweisende Elektromotor n mit durch eine Feldwicklung der einen Permanentmagneten erzeugten Feld, insbesondere zum Antrieb von handgeführten Elektr. Werkzeugen, wie Kreissägen, Bohrmaschinen, Hobeln, Fräsen, Schleifmaschinen usw., mit über einen Schalter wahlweise an eine Spannungsquelle anschließbaren Stromzuleitungen, die entweder unmittelbar oder über eine Feldwicklung mit dem Anker verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß ein zwei Anschlüsse (31, 32) aufweisender Widerstandsbremskreis (12) vorgesehen ist, der nach Beendigung des Motorbetriebs mittels einer Umschalteneinrichtung (5) mit seinen Anschlüssen (31, 32) an die Stromzuleitungen anschließbar ist, und daß der Widerstandsbremskreis (12) zwischen seinen Anschlüssen (31, 32) einen mit der steigenden oder fallenden EMK des beim Bremsen im Generatorbetrieb arbeitenden Motors (4) steigenden oder fallenden momentanen Widerstandswert aufweist.
2. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abnahme des Widerstandswertes zusätzlich von der Zeit seit dem Umschalten auf den Widerstandsbremskreis abhängig ist.
3. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstandswert zumindest in einem Spannungsbereich der EMK etwa proportional mit dem EMK abnimmt.
4. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstandswert zumindest in einem Spannungsbereich der EMK überproportional mit der EMK abnimmt.
5. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstandsbremskreis (12) ein zu seinen Anschlüssen (31, 32) parallel liegendes, in seinem Widerstandswert über einen Steueranschluß (38) veränderbares Widerstandselement (34) aufweist, dessen Steueranschluß (38) mit einem Ausgang (39) eines zu dem Widerstandsbremskreis (12) gehörenden Stellkreises (35) verbunden ist.
6. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Widerstandselement (34) von einem bipolaren Transistor gebildet ist.
7. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Widerstandselement von einem MOS-FET gebildet ist, der vorzugsweise selbstsperrend ist.
8. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Widerstandselement von einem selbstleitenden Feldeffekttransistor gebildet ist.
9. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstandsbremskreis (12) einen Brückengleichrichter (43) enthält, dessen Wechselspannungseingänge mit den Anschlüssen (31, 32) des Widerstandsbremskreises (12) verbunden sind und dessen Gleichspannungsausgänge zu dem Widerstandselement (34) führen.
10. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstandsbremskreis (12) als Widerstandselement (34) sowie

als Stellkreis (35) einen als Konstantstromquelle geschalteten, vorzugsweise selbstleitenden Feldeffekttransistor enthält.

11. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellkreis (35) eine vorzugsweise aus der im Bremsbetrieb erzeugten Generatorspannung gespeiste Konstantspannungsquelle (66, 68, 67) sowie eine weitere, vorzugsweise ebenso gespeiste Spannungsquelle (71, 72) aufweist, deren Ausgangsspannung wenigstens in einem Bereich seit dem Einschalten des Bremsbetriebes mit der seit dem Einschalten vergangenen Zeit ansteigt, und daß die betragsmäßig jeweils größere Spannung dem Steuereingang (38) des Widerstandselementes (34) zugeführt wird.
12. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstandsbremskreis (12) als Regelkreis ausgebildet ist, in dem das Widerstandselement (34) das Stellglied und der Stellkreis (35) den Regler bildet, dessen Eingang (41) mit einem Ausgang (42) eines Stromfühlers (33) verbunden ist, der in einer Stromzuleitung des Widerstandselementes (34) liegt.
13. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellkreis (35) von wenigstens einem Transistor (63) gebildet ist, dessen Steuerstrecke parallel zu dem Stromfühler (33) liegt und dessen Ausgang mit dem Steuereingang (38) des Widerstandselementes (34) verbunden ist.
14. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei selbstsperrenden Widerstandselementen zum Starten des Widerstandsbremskreises zu dem Widerstandselement (34) ein zusätzlicher Festwiderstand (62) parallel geschaltet ist, über den für den Stromfühler (33) ein Anfangsstrom erzeugbar ist.
15. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zu dem Widerstandselement (34) ein Festwiderstand (82) parallel geschaltet ist.
16. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellkreis (35) als lineares oder nichtlineares Proportionalglied arbeitet.
17. Widerstandsbremseinrichtung nach den Ansprüchen 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellkreis (35) die Hintereinanderschaltung eines Differentiators (44) sowie eines addierenden Integrators (45) enthält, wobei der Stromfühler (33) an dem Eingang (42) des Differentiators (44) angeschlossen ist und einer der Eingänge (55) des Integrators (45) von dem Ausgangssignal des Differentiators (44) beaufschlagt ist, während sein anderer Eingang (56) ein Sollwertsignal (59) erhält.
18. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Integrator (45) eine Anfangswerteinstellung (54, 57, 58) aufweist.
19. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Proportionalglied von einem in Emitter- bzw. Source-Schaltung betriebenen einstufigen Transistorverstärker gebildet ist, der vorzugsweise einen selbstsperrenden MOS-FET enthält, wobei der Steueranschluß (38) des Widerstandselementes (34) mit der Kollektor- bzw. Drain-Elektrode des Transistorverstärkers (35) verbunden ist, und daß ein Widerstand den Strommeßfühler (33) darstellt, zu dem die Basis-Emit-

terbzw. Gate-Source-Strecke des Transist rverstärkers (35) parallel liegt und der in eine Stromzuleitung des veränderbaren Widerstandselementes (34) eingefügt ist.

20. Widerstandsbremseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Selbsterregung im Hauptschlußbetrieb des Universalmotors (4) die Umschalteneinrichtung (5) eine Umpolschalteneinrichtung (6, 7, 8) enthält, die zwischen dem Anker (2), der Feldwicklung (3) und dem Widerstandsbremskreis (12) angeordnet ist, derart, daß vor Beginn des Bremsbetriebes der Anker (2) gegenüber der Feldwicklung (3) umzupolen ist.

21. Schaltungsanordnung zur Schnellerregung eines zum Zweck der elektrischen Bremsung in den Hauptschlußgeneratorbetrieb umgeschalteten Universalmotors, der insbesondere ein Werkzeug in einem vorzugsweise handgeführten Handwerkzeug antreibt und eine Anker- sowie eine Feldwicklung aufweist, mit einer Umschalteneinrichtung, die entsprechend der jeweiligen Betriebsart die Feldwicklung mit der Ankerwicklung verbindet und im Bremsbetrieb einen Bremswiderstand, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, in die Serienschaltung aus Ankerwicklung und Feldwicklung einschaltet, sowie mit einem Netzschalter, über den Eingangsanschlüsse des Motors mit einer Stromversorgung für den Motorbetrieb verbindbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß eine Energiequelle (80) vorgesehen ist, durch die lediglich zu Beginn des Bremsbetriebes ein Vormagnetisierungsstrom erzeugbar ist, der zumindest durch die Feldwicklung (3) fließt.

22. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiequelle (80) durch die Umschalteneinrichtung (5) beim Umschalten in den Bremsbetrieb zu der Feldwicklung (3) parallelgeschaltet wird.

23. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiequelle (80) im Bremsbetrieb in Serie zu dem Bremswiderstand (12) bzw. der Anker- oder der Feldwicklung (2, 3) liegt.

24. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiequelle einen Energiespeicher (80) enthält, der während des vorausgehenden Motorbetriebes aus der Stromversorgung (9, 11) für den Motor (4) geladen wird.

25. Schaltungsanordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiespeicher ein Kondensator (80) ist.

26. Schaltungsanordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (80) aus einer Gleichspannungsquelle (82, 83) mit einer solchen Polarität aufgeladen wird, daß der erzeugte Vormagnetisierungsstrom zu einer Generatorspannung führt, die eine vorbestimmte Polarität aufweist.

27. Schaltungsanordnung nach den Ansprüchen 23 und 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (80) im Bremsbetrieb mit der Feld- bzw. der Ankerwicklung (2, 3) in Serie geschaltet wird und v n einer Diode (81) überbrückt ist, über die der Bremsstrom im Generatorbetrieb an dem Kondensator (80) vorbeigeleitet wird.

28. Schaltungsanordnung nach den Ansprüchen 22 und 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (80) im Bremsbetrieb zu der Feldwicklung (3)

parallelgeschaltet wird, und daß vorzugsweise in dem die Serienschaltung aus der Feld- und der Ankerwicklung (2, 3) sowie dem Bremswiderstand (12) enthaltenden Kreis eine v n dem Bremsstrom durchfl ssene Diode (83) liegt, über die im M torbetrieb der Kondensator (80) aufgeladen wird.

29. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (80) erst zu Beginn des Bremsbetriebes mit seinen beiden Elektroden an bzw. in den Kreis aus dem Bremswiderstand (12), der Feld- und der Ankerwicklung (2, 3) geschaltet wird.

#### Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einer Widerstandsbremseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus sicherheitstechnischen Überlegungen ist es wünschenswert, an unterschiedlichen handgeführten Elektrowerkzeugen, wie Kreissäge, Handhobel, Winkelschleifer, Bohrmaschinen und dergl., die Auslaufzeit nach dem Abschalten zu verkürzen. Handgeführte Elektrowerkzeuge, und zwar sowohl solche, die der Handwerker, als auch solche, die der Heimwerker gebraucht, werden fast ausschließlich durch Universalmotoren angetrieben, die zufolge der verhältnismäßig geringen Antriebsleistung und der gewünschten Drehmomentcharakteristik im Hauptschluß arbeiten.

Infolge der Remanenz der Stator- und der Ankerbleche können diese Motoren auch als Generatoren arbeiten, wobei durch Belastung der Motorklemmen im Anschluß an den Motorbetrieb ein verhältnismäßig schnelles Abbremsen erreicht werden kann. Allerdings ist es üblicherweise nicht zulässig, das Abbremsen dadurch zu erreichen, daß einfach die Motorklemmen kurzgeschlossen werden. Bei entsprechender Polung von Anker und Feld tritt dann zwar sehr rasch eine Selbsterregung ein, doch fließt unmittelbar danach ein extrem hoher Bremsstrom, der einerseits einen harten Bremsseinsatz hervorruft, und andererseits starkes Bürstenfeuer verursacht. Der harte Bremsseinsatz ist deswegen nicht ungefährlich, weil hierdurch die Maschine dem Benutzer aus der Hand gerissen werden kann, zumal dann, wenn er auf das Bremsen nicht eingestellt ist.

Das starke Bürstenfeuer ist deswegen schädlich, weil es zu einem erhöhten Kollektor- und Bürstenverschleiß führt.

Beide Nachteile lassen sich nur vermeiden, wenn zum Zweck des Bremsens der Motor über einen größeren Widerstand kurzgeschlossen wird. Wenn dieser Widerstand so groß gewählt wird, daß er nach einer eintretenden Selbsterregung keinen abrupten Bremsseinsatz hervorruft, ist er andererseits nicht klein genug, um bei abnehmender Ankerdrehzahl noch hinreichende Bremswirkung hervorzurufen. Unabhängig davon scheitert die Verwendung eines festen ohmschen Widerstands auch daran, daß unter Umständen keine Selbsterregung eintritt, oder wenn sie auftritt, viel zu langsam.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Widerstandsbremseinrichtung für Universalmotoren, insbesondere solchen v n handgeführten Elektrowerkzeugen, zu schaffen, die trotz sanftem Bremsseinsatz ein hinreichend schnelles Bremsen des Motors ohne übermäßiges Bürstenfeuer gewährleisten.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Widerstandsbremseinrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 1 gekennzeichnet.

Da der Widerstandsbremskreis zwischen seinen Anschlüssen einen mit der EMK des in den Generatorbetrieb geschalteten Motors fallenden Widerstandswert aufweist, tritt einerseits die gewünschte schnelle Selbsterregung auf, während andererseits übermäßiges Bürstenfeuer vermieden wird, da mit steigender EMK beim Bremseneinsatz auch die ohmsche Belastung des als Generator wirkenden Motors geringer ist als bei einem entsprechenden Festwiderstand mit kleinem Widerstandswert. Nach Erreichen der maximalen Erregung, bzw. maximalem EMK, sinkt wiederum der Widerstandswert des Bremskreises mit der EMK, jetzt allerdings infolge der verringerten Ankerdrehzahl. Da hierbei auch der Widerstandswert verringert wird, wird über den gesamten Bremsbereich eine verbesserte Bremswirkung, verglichen mit einem Festwiderstand, erzielt.

Um gerade bei niedrigen Drehzahlen die Bremswirkung zu erhöhen, ist es zweckmäßig, wenn die Abnahme des Widerstandswertes zusätzlich von der Zeit seit dem Umschalten auf den Widerstandsbremskreis abhängig ist. Hierdurch ergibt sich nämlich der Vorteil, daß während der Selbsterregung die Widerstandsänderung sanfter verläuft, als es der Fall ist, wenn die EMK infolge verminderter Ankerdrehzahl sinkt. Hierbei kann, um bei kleinen Ankerdrehzahlen eine verbesserte Bremsung zu erzielen, der Widerstandswert deutlich schneller sinken, womit es möglich wird, bei niedrigen Ankerdrehzahlen mit einem höheren Bremsstrom zu arbeiten als zu Beginn der Bremsung nach Erreichen der maximalen Erregung. Gute Werte werden jedoch bereits mit einer Widerstandsbremseinrichtung erzielt, bei der zumindest in einem Spannungsbereich der EMK der Widerstandswert proportional mit der EMK abnimmt. Bessere Bremswirkung und schnelleres Ansprechen ergibt jedoch eine Widerstandsbremseinrichtung, bei der zumindest in einem Spannungsbereich der EMK der Widerstandswert überproportional mit der EMK ab- bzw. zunimmt.

In allen Fällen enthält der Widerstandsbremskreis ein zwischen seinen Anschlüssen liegendes und in seinem Widerstandswert über einen Steueranschluß veränderbares Widerstandselement, dessen Steueranschluß mit einem Ausgang eines zu dem Widerstandsbremskreis gehörenden Stellkreises verbunden ist. Das Widerstandselement kann dabei ohne weiteres von jedem denkbaren kontinuierlich arbeitenden Halbleiter, wie bipolarem Transistor oder MOS-FET, gebildet sein.

Eine einfache Schaltung, die in weiten Grenzen unabhängig von Exemplarstreuungen den Bremsstrom recht gut konstant hält, verwendet einen Stellkreis, der von wenigstens einem Transistor gebildet ist, dessen Steuerstrecke parallel zu dem Stromfühler liegt und dessen Ausgang mit dem Steuereingang des Widerstandselementes verbunden ist.

Wenn ein zeitabhängig überproportionaler Bremsstromanstieg gewünscht ist, um beispielsweise eine progressive Bremswirkung zu erzielen, kann der Stellkreis eine vorzugsweise aus der im Bremsbetrieb erzeugten Generatorspannung gespeiste Konstantspannungsquelle sowie eine weitere, vorzugsweise ebenso gespeiste Spannungsquelle enthalten, deren Ausgangsspannung wenigstens in einem Bereich seit dem Einschalten des Bremsbetriebs mit der seit dem Einschalten vergangenen Zeit ansteigt, wobei dann die betragsmäßig jeweils größere Spannung dem Steuereingang des Widerstandselementes zugeführt wird.

Da die Handwerkzeuge üblicherweise an Wechselspannung betrieben werden, hängt die Polarität im Ge-

neratorbetrieb vom Zustand der Magnetisierung beim Abschalten der Versorgungsspannung ab. Damit, unabhängig von der Polung der Ausgangsspannung im Generatorbetrieb, der Widerstandsbremskreis auch dann einwandfrei arbeitet, wenn gepolte Widerstandselemente, wie Transistoren, verwendet werden, ist zweckmäßigerweise ein Brückengleichrichter vorgesehen, dessen Wechselspannungseingänge mit den Anschlüssen des Widerstandsbremskreises verbunden sind, während dessen Gleichspannungsausgänge zu dem Widerstandselement führen.

Eine besonders einfache Schaltung des Widerstandsbremskreises enthält als Widerstandselement und Stellkreis einen als Konstantstromquelle geschalteten Feldeffekttransistor. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel liegt in Serie mit dem Widerstandselement ein Stromfühler, der an einen Steuereingang des Stellkreises angeschlossen ist, derart, daß sich zusammen mit dem Stellkreis und dem Widerstandselement ein geschlossener Regelkreis ergibt. Als Stromfühler kommt hierbei im einfachsten Falle ein ohmscher Widerstand infrage.

Damit bei selbstsperrenden Widerstandselementen ein Starten des Widerstandsbremskreises zustandekommt, liegt zusätzlich zu dem Widerstandselement ein Festwiderstand parallel, über den für den Meßfühler ein Anfangsstrom erzeugbar ist.

Die Proportionalität zwischen Widerstandswert und EMK wird erreicht, wenn der Stellkreis als Proportionalglied arbeitet. Wenn hingegen der Stellkreis die Hintereinanderschaltung eines Differentiators sowie eines addierenden Integrators enthält, läßt sich die zusätzlich zeitabhängige Veränderung des Widerstandswertes verwirklichen, indem dem Integrator ein mit zu integrierendes Sollwertsignal zugeführt wird. Am Ausgang eines solchen Stellkreises entsteht dann ein Signal, das die Summe aus einem zeitproportionalen sowie einem dem Eingangssignal des Stellkreises proportionalen Signal ist. Andererseits kann mittels eines nichtlinearen Proportionalgliedes auch jede andere Widerstandskennlinie verwirklicht werden.

Eine einfache proportional arbeitende Schaltung sieht vor, daß das Proportionalglied von einem in Emitterschaltung betriebenen einstufigen Transistorverstärker gebildet wird, der vorzugsweise einen selbstsperrenden Feldeffekttransistor enthält, wobei der Steueranschluß des Widerstandselementes mit dem Kollektor bzw. Drainanschluß des Transistorverstärkers verbunden ist, während ein den Strommeßfühler darstellender Widerstand zu der Basis-Emitter- bzw. Gate-Source-Strecke des Transistorverstärkers parallel liegt.

Damit eine Selbsterregung zustandekommt, ist für den Hauptanschluß des Universalmotors eine Umpol-schalteinrichtung vorgesehen, die zwischen dem Anker der Feldwicklung und dem Bremskreis angeordnet ist, derart, daß vor Beginn des Bremsbetriebes der Anker gegenüber der Feldwicklung umzupolen ist.

Soweit der Universalmotor in dem Handwerkzeug über eine Phasenanschnittsteuerung halbwellengespeist wird, ist bei dem für die Feldwicklung verwendeten Blech mit einem Restmagnetismus nach dem Abschalten des Motorbetriebs zu rechnen, der für eine genügend schnelle Selbsterregung ausreicht. Wenn jedoch der Universalmotor wechselstromgespeist ist, und zwar insbesondere auch dann, wenn die Wechselstromspeisung bei Phasenanschnittsteuerung erhalten bleibt, kann es beim Abschalten des Motorbetriebs zu ungünstigen Zeitpunkten dazu kommen, daß die Eisenteile des

Motor fast vollständig entmagnetisiert sind. Die Bremse könnte dann versagen. Um dem vorzubeugen, läßt sich eine Schaltungsanordnung zur Schnellerregung vorsehen, die eine Energiequelle enthält, durch die lediglich zu Beginn des Bremsbetriebs eine Vormagnetisierungsstrom erzeugbar ist, der zumindest durch die Feldwicklung fließt. Wenn jetzt aus dem Motorbetrieb in den Bremsbetrieb umgeschaltet wird, werden durch den impulsweise auftretenden Vormagnetisierungsstrom die Eisenteile des Stators magnetisiert, was erstens zu der gewünschten schnellen und zuverlässigen Selbsterregung führt und zweitens unabhängig von der Magnetisierungsrichtung beim Ausschalten des Motorbetriebs immer dieselbe Magnetisierung bei Beginn des Bremsbetriebs erzwingt. Die im Bremsbetrieb erzeugte Generatorspannung hat deshalb immer dieselbe Polarität. Bei Verwendung von gepolten Bremswiderständen, beispielsweise bipolaren Transistoren, entfällt der sonst notwendige Brückengleichrichter, der dazu dient, die erzeugte Generatorspannung mit der jeweils richtigen Polarität dem Bremswiderstand zuzuführen.

Die elektrische Energiequelle kann zur Erzeugung des Magnetisierungsstroms für den Stator zu der Feldwicklung parallel- oder sie kann auch zum Bremswiderstand in Serie geschaltet werden. In jedem Falle entsteht der gewünschte Vormagnetisierungsstrom in der Feldwicklung.

Wenn die elektrische Energiequelle einen Energiespeicher enthält, der während des vorangegangenen Motorbetriebs aus der Stromversorgung für den Motor geladen wird, kann im Bremsbetrieb das Handwerkzeug vollständig vom Netz getrennt werden, ohne daß die Gefahr besteht, daß beispielsweise bei schadhafte Schaltern anschließend das Werkzeug nach dem Stillstand in umgekehrter Richtung anläuft. Auch bei einem Netzspannungsausfall, der sich beispielsweise durch einen entsprechenden Relais erkennen ließe, wäre die Wirksamkeit der Bremse sichergestellt. Dabei wird die Energiequelle besonders einfach, wenn hierzu als Energiespeicher ein Kondensator verwendet wird, der über einen langen Zeitraum die elektrische Energie speichern kann. Der Kondensator wird im vorausgehenden Motorbetrieb über eine Diode, beispielsweise aus der Netzspannung, aufgeladen und verbraucht anschließend keine Energie mehr.

Je nachdem, welche der oben genannten Schaltungsvarianten verwendet wird, ist der Kondensator im Bremsbetrieb mit der Feld- bzw. Ankerwicklung in Serie geschaltet und von einer Diode überbrückt, über die im Generatorbetrieb der Bremsstrom an dem Kondensator vorbeigeleitet wird. Die Entladung des Kondensators erfolgt über den Bremswiderstand, die Ankerwicklung und die Feldwicklung, wobei hierdurch der Stator entsprechend vormagnetisiert wird. Die gleichzeitig einsetzende Selbsterregung und die folglich an dem Kondensator entstehende Spannung wird von der in Durchlaßrichtung betriebenen Diode kurzgeschlossen.

Schließlich kann der Kondensator zu Beginn des Bremsbetriebes unmittelbar zur Feldwicklung parallelgeschaltet werden, was bei sonst gleicher Dimensionierung zum größten Vormagnetisierungsstrom führt. Hierbei ist es zweckmäßig, in den Bremskreis eine Diode zu legen, die einerseits eine Selbsterregung mit der falschen Polarität verhindert, die entstehen könnte, bevor der Kondensator an die Feldwicklung angeschlossen ist. Außerdem verhindert die Diode eine Stromverzweigung in die aus der Sicht des Kondensators zur Feldwicklung parallelliegende Serienschaltung aus dem

Bremswiderstand und der Ankerwicklung.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 das Blockschaltbild einer Widerstandsbremseinrichtung gemäß der Erfindung, bei im Hauptschluß betriebenen Motor,

Fig. 2 ein Schaltbild des Widerstandsbremskreises der Widerstandsbremseinrichtung nach Fig. 1,

Fig. 3 ein Schaltbild eines anderen Ausführungsbeispiels für einen Widerstandsbremskreis der Widerstandsbremseinrichtung nach Fig. 1,

Fig. 4 einen von einer Konstantstromquelle gebildeten Widerstandsbremskreis für die Widerstandsbremseinrichtung nach Fig. 1,

Fig. 5 ein Schaltbild des Widerstandsbremskreises der Widerstandsbremseinrichtung nach Fig. 1, wobei der Bremsstrom seit Beginn des Bremsbetriebes zeitabhängig ansteigt,

Fig. 6 das Schaltbild einer Schaltungsanordnung zur Schnellerregung bei Bremsbeginn gemäß der Erfindung, wobei der Energiespeicher zu dem Bremswiderstand in Serie liegt, und

Fig. 7 das Schaltbild einer Schaltungsanordnung zur Schnellerregung bei Bremsbeginn gemäß der Erfindung, wobei die Energiequelle zu der Feldwicklung parallelgeschaltet wird.

Fig. 1 zeigt eine Widerstandsbremseinrichtung 1 für einen einen Anker 2 sowie eine Feldwicklung 3 aufweisenden Universalmotor 4, der als Hauptschlußmotor betrieben ist. Derartige Universalmotoren 4 werden zum Antrieb von handgeführten Elektrowerkzeugen, wie Kreissägen, Bohrmaschinen, Hobeln, Fräsen, Winkelschleifern, Bandschleifern und dergl. eingesetzt. Mittels einer durch ein Relais 5 mit drei Umschaltern 6, 7 und 8 verwirklichten Umschalteneinrichtung der Widerstandsbremseinrichtung 1 ist der Universalmotor 4 wahlweise mit zwei Netzanschlußklemmen 9 und 11 oder einem Widerstandsbremskreis 12 verbindbar. Fig. 1 zeigt die in ihrer Arbeitsstellung befindlichen Umschaltkontakte 6, 7 und 8, durch die der Motor 4 an die Netzanschlußklemmen 9 und 11 angeschlossen ist.

Im einzelnen sieht die Verschaltung folgendermaßen aus:

Von der Netzanschlußklemme 9 führt eine Verbindungsleitung 13 zu einem Anschluß einer Magnetwicklung 14 des Relais 5, während der andere Anschluß der Magnetwicklung 14 über einen als Arbeitskontakt ausgebildeten Netzschalter 15 sowie eine davon wegführende Anschlußleitung 16 mit der anderen Netzanschlußklemme 11 verbunden ist. Sobald der Netzschalter 15, wie gezeigt, geschlossen ist, zieht das Relais 5 an und bringt die Umschalter 6, 7 und 8 in die der Arbeitsstellung entsprechende Lage. In dieser Stellung des Relais 5 steht die Verbindungsleitung 13 über einen Arbeitskontakt 17 des Umschalters 8 mit einem Anschluß 18 des Ankers 2 in Verbindung. Der andere Anschluß 19 des Ankers 2 führt über eine Verbindungsleitung 21 sowohl zu einem Arbeitskontakt 22 des Umschalters 7 als auch zu einem Ruhekontakt 23 des Umschalters 6.

In der Arbeitsstellung des Umschalters 7 ist der Arbeitskontakt 22 mit einem Ende 24 der Feldwicklung 3 verbunden, während deren anderes Ende 25 über eine Leitung 26 an den Umschalter 6 angeschlossen ist. Dessen Arbeitskontakt 27 liegt an der Verbindungsleitung 16.

Die beiden Umschalter 7 und 8 verfügen noch je über einen Ruhekontakt 28 und 29, die mit Anschlüssen 31 und 32 des Widerstandsbremskreises 12 in Verbindung

stehen.

Der Widerstandsbremskreis 12 besteht aus einem Stromfühler 33, einem steuerbaren Widerstandselement 34 sowie einem Stellkreis 35. Hierbei liegt das Widerstandselement 34 mit seinen Leitungsanschlüssen 36 und 37 in Serie zu dem Stromfühler 33, wobei diese Serienschaltung, wie gezeigt, mit den Anschlüssen 31 und 32 verbunden ist. Ein Steueranschluß 38 des Widerstandselementes 34 liegt an einem Ausgang 39 des Stellkreises 35, der an seinem Eingang 41 über einen Ausgang 42 des Stromfühlers gesteuert wird. Ersichtlicherweise ergibt sich hierdurch eine geschlossene Regelschleife.

Die insoweit beschriebene Schaltung arbeitet folgendermaßen:

Wenn nach dem Anlegen der Netzspannung an die Klemmen 9 und 11 der Netzschalter 15 in die Arbeitsstellung gebracht wird, fließt ein Strom durch die Magnetwicklung 14 des Relais 5, das daraufhin die Umschaltkontakte 6, 7 und 8 in die Arbeitsstellung überführt. Hierdurch wird der Universalmotor 4 in den Motorbetrieb geschaltet, wobei der Strompfad von der Netzanschlußklemme 9 zu dem Anschluß 18 des Ankers 2, von dort über den Anschluß 19 zu dem Anschluß 24 der Feldwicklung 3 und von dort über den Anschluß 25 zu der Netzanschlußklemme 14 führt. Der Universalmotor 4 läuft damit in dem für den jeweiligen Antriebszweck richtigen Drehsinn, und zwar sowohl bei Speisung mit Gleich- als auch bei Speisung mit Wechselspannung.

Bei Beendigung des Motorbetriebes wird der Netzschalter 15 losgelassen und kehrt in seine Ruhestellung zurück, die die Umschaltanordnung in Gestalt des Relais 5 auch in die Ruhestellung zurückkehren läßt, da der Relaisstrom über den Netzschalter 15 abgeschaltet wird. Die Umschalter 6, 7 und 8 klappen hierdurch in die Ruhestellung um, d.h. die andere der in Fig. 1 gezeigten Stellung. Hierdurch wird einerseits die Feldwicklung 3 gegenüber dem Anker 2 umgepolt und außerdem der Widerstandsbremskreis an den Universalmotor 4 angeschlossen. Während vorher im Motorbetrieb der Ankeranschluß 19 mit dem Feldwicklungsanschluß 24 verbunden war, ist jetzt im Bremsbetrieb der Ankeranschluß 19 über den jetzt geschlossenen Ruhekontakt 23 mit dem Anschluß 25 der Feldwicklung 3 verbunden. Die Anschlüsse 18 und 24 liegen über dem Stromfühler 33 an den Leistungsanschlüssen 36 und 37 des Widerstandselementes 34.

Diese Umpolung ist erforderlich, damit im Generatorbetrieb des Universalmotors 4 die von dem Anker 2 erzeugte EMK in der Feldwicklung 3 einen Strom hervorruft.

Der Widerstandsbremskreis 12 weist zwischen seinen Anschlüssen 31 und 32 einen veränderlichen Widerstandswert auf, und zwar in dem Sinne, daß der Quotient aus dem Momentanwert der Spannung an den Anschlüssen 31 und 32 und dem zu dem Momentanwert gehörenden und durch die Anschlüsse 31 und 32 fließenden Strom mit abnehmender Spannung an den Anschlüssen 31 und 32 ebenfalls abnimmt. Ein solches Verhalten tritt bspw. auf, wenn der Stromfühler 33 zusammen mit dem Stellkreis 35 das Widerstandselement 34 so steuert, daß unabhängig von dem jeweiligen Augenblickswert der Spannung zwischen den Anschlüssen 31 und 32 der durch das Widerstandselement 34 bzw. die Anschlüsse 31 und 32 fließende Strom nahezu konstant gehalten wird.

Infolge dieses dynamischen Verhaltens des Widerstandsbremskreises 12 tritt in dem nach dem Abschalten

bzw. Umschalten der Umschaltanordnung 5 vorgesehenen Generatorbetriebes sehr rasch eine Selbsterregung auf, w. bei der Erregerstrom durch die Hintereinanderschaltung des Ankers und der Feldwicklung fließt, die gemeinsam zu dem Widerstandsbremselement 34 parallel geschaltet sind. Die kinetische Energie des Universalmotors 4 bzw. auch des damit gekuppelten Werkzeugs wird folglich relativ rasch in den ohmschen Widerständen der Anordnung, im wesentlichen in dem Widerstandselement 34, in Wärme umgesetzt.

Das Aufschaukeln der Selbsterregung unmittelbar nach dem Umschalten vom Motorbetrieb auf den Bremsbetrieb wird dadurch begünstigt, daß der Kreiswiderstand in der Hintereinanderschaltung aus dem Anker 2, der Feldwicklung 3 und dem Widerstandselement 34 zunächst wegen der kleinen Spannung an den Anschlüssen 31 und 32 gering ist. Mit zunehmender Selbsterregung steigt der wie oben definierte Momentanwert des ohmschen Widerstands, den der Motor an den Anschlüssen 31 und 32 "sieht". Der Bremseneinsatz geht so verhältnismäßig sanft, wobei auch bei maximaler Selbsterregung der größte über den Anker 2 fließende Strom durch den Widerstandsbremskreis 12 auf Werten gehalten wird, die ein übermäßiges Bürstenfeuer verhindern.

Mit abnehmender Ankerdrehzahl und damit zurückgehender EMK sinkt auch wiederum der ohmsche Widerstand zwischen den Anschlüssen 31 und 32, wodurch auch bei niedrigen Ankerdrehzahlen und kleiner EMK ein befriedigender Bremsbetrieb erreicht wird.

In Fig. 2 ist ein detailliertes Schaltbild des Widerstandsbremskreises 12 dargestellt, wobei aus Fig. 1 bereits bekannte Bauelemente und Schaltpunkte mit denselben Bezugszeichen belegt sind.

Der Widerstandsbremskreis 12 verwendet als Widerstandselement 34 einen Darlington-Transistor, also ein Bauelement, das nur in einer Stromrichtung in dem gewünschten Sinne arbeitet. Da bei Wechselspannungsspeisung am Ende des Motorbetriebes es vom Zufall abhängt, welche Polarität die EMK an den Anschlüssen 31 und 32 aufweist, liegt zwischen dem Darlington-Transistor 34 und den Anschlüssen 31 und 32 ein Brückengleichrichter 43, der dafür sorgt, das unabhängig von der Polarität an den Anschlüssen 31 und 32 der Strom durch den Darlington-Transistor 34 immer in der gleichen Richtung fließt. Es ist hierzu der Brückengleichrichter 43 mit seinen Wechselspannungsanschlüssen mit den Anschlüssen 31 und 32 verbunden, während bei dem gezeigten NPN-Darlington-Transistor 34 sein positiver Gleichspannungsanschluß zu dem Anschluß 37 bzw. dem Kollektor führt. Der negative Gleichspannungsanschluß liegt an dem als einfachen ohmschen Widerstand ausgebildeten Stromfühler 33, der seinerseits an den Anschluß 36 bzw. den Emitter des Darlington-Transistors 34 angeschlossen ist. Der Stellkreis 35 besteht aus einer Hintereinanderschaltung eines Differentiators 44 sowie eines addierenden Integrators 45, dessen Ausgang den Ausgang 39 des Stellkreises 35 bildet.

Der Differentiator 44 besteht aus einem Differenzverstärker 46, der von seinem Ausgang über einen Widerstand 47 zu seinem invertierenden Eingang gegengekoppelt ist. Der nichtinvertierende Eingang liegt an einer Schaltungsmasse 48, die der Anschluß 36 bzw. der Ausgangsemitter des Darlington-Transistors 34 darstellt. Von dem nichtinvertierenden Eingang des Differenzverstärkers 46 führt die Hintereinanderschaltung eines Kondensators 49 sowie eines Widerstandes 51 zu dem nicht mit der Schaltungsmasse 48 verbundenen Anschluß des Widerstandes 33. Hierdurch entsteht am



Ausgang des Differenzverstärkers 46 eine Spannung, die der Spannungsänderung an dem als Stromsensor dienenden Widerstand 33 proportional ist.

Der addierende Integrator 45 enthält ebenfalls einen Differenzverstärker 52, der in bekannter Weise von seinem Ausgang über einen Integrationskondensator 53 zu seinem invertierenden Eingang rückgekoppelt ist; der nichtinvertierende Eingang des Differenzverstärkers 52 liegt an der Schaltungsmasse 48. Von dem invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 52 führt ein elektronischer Umschalter 54 je nach Stellung entweder zu zwei Eingangswiderständen 55 und 56 oder zu der Serienschaltung aus zwei Widerständen 57 und 58, die der Anfangswerteinstellung des Integrators 45 dienen. Der Widerstand 58 führt hierzu von dem Ausgang des Differenzverstärkers 52 zu dem einen Kontakt des elektronischen Umschalters 54, von dem der Widerstand 57 zur Schaltungsmasse 48 geschaltet ist. In der gezeigten Stellung des elektronischen Umschalters 54 wird so der Integrationskondensator 53 entladen und auch der invertierende Eingang des Differenzverstärkers 52 auf Null gehalten. In der anderen, der nicht gezeigten, Stellung des elektronischen Umschalters 54 ist der invertierende Eingang des Differenzverstärkers 52 einerseits über den Widerstand 55 mit dem Ausgang des Differenzverstärkers 56 und ferner über den Widerstand 56 mit einer negativen Sollwertspannung 59 verbunden.

Der Ausgang des Differenzverstärkers 52 führt über einen Schutzwiderstand 61 zu der Basis des Darlington-Transistors 34.

Die Dimensionierung der Widerstände des addierenden Integrators 45 ist allgemein bekannt und braucht demzufolge nicht weiter erläutert zu werden. Es ist im übrigen auch selbstverständlich, daß die Differenzverstärker 46 und 52 noch eine Stromversorgung erfordern, die der Übersichtlichkeit halber nicht mitgezeichnet ist.

Nach dem Umschalten auf den Bremsbetrieb ist die Ausgangsspannung des Integrators 45 Null und deshalb auch der Darlington-Transistor 34 gesperrt. Die Schaltung würde nicht anlaufen, wenn nicht über einen zu der Kollektor-Emitter-Strecke des Darlington-Transistors 34 parallelliegenden Startwiderstandes 62 ein Anfangsstrom über den als Stromfühler dienenden Widerstand 33 geleitet wird.

Sobald der Universalmotor 4 nach Fig. 1 durch die Umschalteneinrichtung 5 von dem Motorbetrieb in den Brems- bzw. Generatorbetrieb umgeschaltet wird, entsteht durch die Remanenz der Eisenteile an den Klemmen 31 und 32 eine EMK, die infolge des Brückengleichrichters 43 einen zunächst noch sehr kleinen Strom in der Serienschaltung aus den Widerständen 62 und 33 erzeugt. Damit entsteht praktisch sprunghaft an dem Widerstand 33 ein dem Strom proportionaler Spannungsabfall, dessen Verlauf an dem Differentiator 34 differenziert wird. Das so dem Strom bzw. der Spannungsänderung an dem Widerstand 33 proportionale Signal gelangt zu dem Eingangswiderstand 55 des Integrators 45 und wird dort aufintegriert. Ohne den Sollwert 59 würde folglich an dem Ausgang des Integrators 45 ein dem Strom durch den Widerstand 33 proportionales Signal zugeführt werden, durch das jetzt der Darlington-Transistor 34 aufgesteuert wird. In dieser Betriebssituation befindet sich der elektronische Umschalter 54, der ebenfalls von der Umschalteneinrichtung 5 betätigt wird, in der anderen als der gezeichneten Stellung und verbindet den Widerstand 55 mit dem invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 52.

Zusätzlich zu dem Ausgangssignal des Differentiators

44 wird noch die Sollwertspannung 59 mit aufintegriert, die zeitunabhängig konstant ist. Am Ausgang des Integrators 45 entsteht also noch ein Signal mit ansteigender Amplitude, das dem über den Meßwiderstand 33 erhaltenen Signal überlagert ist. Der Stellkreis oder Regler 35 ist deshalb ein Proportionalregler, dessen Ausgangssignal eine mit der Zeit linear ansteigende Spannung überlagert ist. Diese zeitabhängig ansteigende Ausgangsspannung erzeugt ein entsprechendes Aufsteuern des Darlington-Transistors 34 und folglich eine weitere zusätzlich zeitabhängig gesteuerte Verringerung des Widerstandswertes zwischen den Anschlüssen 31 und 32.

Sobald wieder in den Motorbetrieb umgeschaltet wird, wird auch der elektronische Umschalter 54 in die gezeigte Stellung überführt, wodurch der Kondensator 53 über den jetzt parallelliegenden Entladewiderstand 58 entladen und der invertierende Eingang des Differenzverstärkers 52 über den Widerstand 57 geerdet wird. Bei Beginn des nächsten Bremszyklus sind somit dieselben Anfangsbedingungen eingestellt wie beim vorausgehenden Bremszyklus, und der Momentanwert des sich zwischen den Anschlüssen 31 und 32 einstellenden Widerstandswertes ist zusätzlich abhängig von der Zeit seit Beginn des Bremsbetriebes.

Würde der Differentiator 44 weggelassen und das stromproportionale Signal des Meßwiderstandes 33 direkt dem Integrator 45 zugeführt, so würde sich ein PI-Regler ergeben, der, richtige Polarität der Sollwertspannung 59 vorausgesetzt, bestrebt ist, die Differenz zwischen dem Sollwert und dem Spannungsabfall an dem Widerstand 33 konstant zu halten. Die Zeitabhängigkeit würde sich dann praktisch auf das Intervall bis zum Erreichen der Differenz Null beschränken, also praktisch nur auf den Bereich bis zum Erreichen der Selbsterregung.

In Fig. 3 ist ein Widerstandsbremskreis 12 gezeigt, der rein proportional arbeitet und keine integrierenden Glieder enthält. Auch hier werden wiederum die bereits bekannten Bezugszeichen verwendet, soweit es sich nicht um neue Bauelemente handelt.

Das Widerstandselement 34 ist hierbei ein selbstsperrender Leistungs-MOS-FET, dessen Drainanschluß an dem positiven Gleichspannungsausgang des Brückengleichrichters 43 liegt, während der Source-Anschluß mit dem als Stromfühler dienenden Widerstand 33 verbunden ist. Die an dem Meßwiderstand 33 abfallende Spannung liegt an der Gate-Source-Strecke eines weiteren selbstsperrenden MOS-FET 63, dessen Source-Elektrode mit dem negativen Gleichspannungsausgang des Brückengleichrichters 43 verbunden ist und dessen Drainelektrode an das Gate des MOS-FET 34 angeschlossen ist. Ein weiterer Arbeitswiderstand 64 führt von der Drainelektrode des MOS-FET 63 zu dem positiven Gleichspannungsanschluß des Brückengleichrichters 43.

Vor Beginn des Bremsbetriebes sind beide MOS-FET 34 und 63 gesperrt. Sobald der Bremsbetrieb eingeschaltet und die Selbsterregung über die Widerstände 62 und 33 eingeleitet wird, damit die Erzeugung einer EMK an den Anschlüssen 31 und 32 beginnt, steigt die Spannung an dem Gate des MOS-FET 34, da das Gate über den Widerstand 64 mit der Drainelektrode verbunden ist. Der MOS-FET 34 wird hierdurch leitend, und es beginnt ein Bremsstrom durch den MOS-FET 34 und den Meßwiderstand 33 zu fließen. Hierdurch wird auch das Gate des MOS-FET 63 leitend, sobald dessen Schwellenspannung erreicht ist, der daraufhin infolge

eines entsprechenden Drain-Source-Stroms den Spannungsabfall an dem Widerstand 64 vergrößert. Die Gate-Spannung an dem MOS-FET 34 wird deshalb von dem Spannungsteilerverhältnis zwischen dem Widerstand 64 und dem MOS-FET 63 bestimmt. Steigt der Strom durch den Meßwiderstand 33, dann verringert sich die Drain-Spannung an dem MOS-FET 63, was dazu führt, daß auch der MOS-FET 34 zugesteuert wird. Umgekehrt führt eine Verringerung des Stroms durch den Meßwiderstand 33 zu einer Verringerung des Drain-Stroms des MOS-FET 63 und damit zu einer Erhöhung der Gate-Spannung für den MOS-FET 34. Die Schaltung nach Fig. 3 arbeitet deshalb zwischen den Anschlüssen 31 und 32 wie eine Konstantstromquelle, was aber auch die oben erwähnte gewünschte Widerstandskennlinie ergibt.

Der Widerstand 62 wird bei der Schaltung nach Fig. 3 zum Anlaufen benötigt, wenn die EMK beim Umschalten auf den Bremsbetrieb nicht ausreicht, um den MOS-FET 34 aufzusteuern. Er könnte deshalb auch entfallen. Zweckmäßigerweise wird er jedoch dennoch vorgesehen, um einen Teil des Bremsstromes an dem Leistungs-MOS-FET 34 vorbeizuleiten, um so die Verlustleistung für diesen kleiner zu halten. Dadurch, daß der Widerstand 62 auch an den Widerstand 33, wie gezeigt, angeschlossen ist, wird auch dessen Strom mit in die Regelung einbezogen.

Die in Fig. 3 aus den beiden selbstsperrenden MOS-FET 34 und 63 aufgebaute Konstantstromquelle läßt sich, wie Fig. 4 zeigt, auch mittels eines selbstleitenden Sperrschicht-FET 34 verwirklichen, der hierbei als steuerbares Widerstandselement dient. Das Gate des Sperrschicht-FET 34 nach Fig. 4 liegt deshalb bei dem gezeigten Leistungstyp für den Sperrschicht-FET unmittelbar an dem negativen Gleichspannungsausgang des Brückengleichrichters 43, zu dem auch die Source-Elektrode des Feldeffekttransistors 34 über einen Gegenkopplungswiderstand 65 hingeführt ist. Der Drain-Anschluß des Sperrschicht-FET 34 ist unmittelbar mit dem positiven Gleichspannungsausgang des Brückengleichrichters 43 verbunden. Da der Feldeffekttransistor 34 vom selbstleitenden Typ ist, startet die Schaltung ohne weiteres beim Einspeisen einer Spannung in die Anschlüsse 31 und 32. Im übrigen ist die Charakteristik ähnlich wie die bei der Schaltung nach Fig. 3.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß anstelle des im Generatorbetrieb selbsterregten Universalmotors auch eine Fremderregung infrage kommt, wobei dann der Anker nicht über die Feldwicklung mit den Anschlüssen 31 und 32 des Widerstandsbremskreises verbunden ist, sondern vielmehr unmittelbar. Darüber hinaus läßt sich die Schaltung auch bei im Nebenschluß betriebenen Motoren (4) einsetzen.

Eine Schaltungsvariante für einen progressiv arbeitenden Widerstandsbremskreis 12 ist in Fig. 5 dargestellt, bei dem aus Vereinfachungsgründen der vorher gezeigte Brückengleichrichter weggelassen ist. Dieser Brückengleichrichter ist ohnehin entbehrlich, wenn durch geeignete Maßnahmen dafür gesorgt wird, daß die Selbsterregung im Bremsbetrieb immer eine Generatorspannung erzeugt, die mit den gepolten aktiven Elementen des Widerstandsbrmskreises 12 verträglich ist.

Der Widerstandsbremskreis 12 nach Fig. 5 enthält als Widerstandsbremsselement einen selbstsperrenden MOS-Fet 34, dessen Source-Elektrode über ein Widerstand 33 mit dem Anschluß 32 verbunden ist. Der Drainanschluß liegt an der Eingangs-klemme 31. Zum Zwecke

der Erleichterung der Selbsterregung bzw. der Übernahme eines Teils der elektrischen Leistung von dem MOS-Fet 34 ist, wie vorher, der Parallelwiderstand 62 vorgesehen, der zu der Drain-Source-Strecke parallelgeschaltet ist.

Der Stellkreis 35 enthält eine Konstantspannungsquelle, gebildet aus einem Widerstand 66 sowie ein  $r$  damit in Serie liegenden Z-Diode 67, an der eine aus der Generatorspannung erzeugte konstante Spannung abfällt. Die Serienschaltung aus dem Widerstand 66 und der Z-Diode 67 liegt hierzu mit entsprechender Polarität ebenfalls an den Anschlüssen 31 und 32, und zwar bei der gewählten Polarität der Elemente so, daß die Anode der Z-Diode 67 mit dem Anschluß 32 verbunden ist. Die Konstanz der an der Z-Diode 67 abfallenden Spannung kann erhöht werden, wenn der Festwiderstand 66 durch eine daneben angedeutete Konstantstromquelle 68 ersetzt wird.

Die an der Z-Diode 67 abfallende konstante Spannung wird über eine entsprechend gepolte Diode dem Steueranschluß 38 des Widerstandselementes, d.h. dem Gate des MOS-Fet 34, zugeführt.

Die Diode 69 dient dazu, die von der Z-Diode 67 erzeugte Konstantspannung gegenüber einer variablen Spannung abzukoppeln, die dem Gate 38 unmittelbar zugeführt wird. Diese zeitabhängige variable Spannung wird durch Integration eines Konstantstroms mittels eines Kondensators 71 erzeugt. Der Kondensator 71 liegt zwischen dem Gate 38 und dem Anschluß 32, d.h. parallel zu der über die Diode 69 eingespeisten Spannung der Z-Diode 67.

Die Erzeugung des Konstantstromes geschieht mit Hilfe eines selbstleitenden MOS-Fet 72, dessen Drain-Elektrode am Anschluß 31 liegt und dessen Source-Elektrode über einen Gegenkopplungswiderstand 73 an dem Gate 38 angeschlossen ist. Das Gate des MOS-Fet 72 liegt unmittelbar am Fußpunkt des Gegenkopplungswiderstandes 73, d.h. am Gate 38 des MOS-Fet 34.

Nachdem, wie vorher beschrieben, der Motor in den Bremsbetrieb umgeschaltet wurde, beginnt über die Serienschaltung der Widerstände 32 und 33 die Selbsterregung des nunmehr im Hauptschlußgeneratorbetrieb arbeitenden Motors 4. Die hierbei entstehende Generatorspannung wird auch über den Widerstand 66 und die Diode 69 dem Gate des MOS-Fet 34 zugeführt, der entsprechend aufgesteuert wird. Die so erzeugte Vorspannung wird allerdings durch die Z-Diode 67 begrenzt, die auf diese Weise die Anfangsspannung des Kondensators 71 festlegt. Im weiteren Betrieb wird der Kondensator 71 nun über die Konstantstromquelle, gebildet aus dem selbstleitenden MOS-Fet 72 und dem Gegenkopplungswiderstand 73, mit einem konstanten Strom allmählich weiter aufgeladen, wodurch in zunehmendem Maße der MOS-Fet 34 aufgesteuert, d.h. niederohmiger wird. Eine Zunahme des Bremsstroms und folglich auch eine Zunahme der Bremswirkung ist die Konsequenz. Infolge der Diode 69 wird nämlich dem Gate des MOS-Fet 34 nur die höhere der beiden Spannungen zugeführt. Der Widerstand 66 und die Z-Diode 67 sorgen dafür, daß der Kondensator 71 unmittelbar nach Bremsbeginn sehr rasch auf eine Anfangsspannung aufgeladen wird, von der, ausgehend mit größerer Zeitkonstante entsprechend dem Ladestrom, die Steuerspannung für den MOS-Fet 34 weiter erhöht wird.

Durch Variation des Widerstandes 73 kann in bekannter Weise der mit dem MOS-Fet 72 erzeugte Konstantstrom verändert werden.

Der Vorwiderstand 33 hat bei dieser Schaltung stabi-

lisierende Wirkung und vermindert Einflüsse von Exemplarstreuungen des MOS-Fet 34 auf die Schaltung.

Bei Universalmotoren, die mit Wechselstrom betrieben werden, kann es geschehen, daß der Motorstrom zu einem Zeitpunkt abgeschaltet wird, bei dem wegen der Stromrichtungsumkehr das Statorpaket weitgehend entmagnetisiert ist. Die für den Generatorbetrieb notwendige Selbsterregung würde dann nicht einsetzen. Universalmotoren, die an Halbwellenphasenanschnittsteuerungen betrieben werden, sind in dieser Hinsicht unempfindlich, da in der Feldwicklung keine Stromrichtungsumkehr und folglich auch keine Entmagnetisierung auftritt.

Bei nicht ausreichendem Restmagnetismus würde folglich keine Bremsung zustandekommen, wenn nach dem Ende des Motorbetriebs die Feldwicklung mit umgekehrter Polung entweder unmittelbar oder über einen Bremsoder Vorwiderstand zu dem Anker parallelgeschaltet würde.

Um diese Unsicherheit auszuschließen, sind in den Fig. 6 und 7 Schaltungsanordnungen dargestellt, die zur Schnellerregung eines zum Zweck der elektrischen Bremsung in den Hauptschlußgeneratorbetrieb umgeschalteten Universalmotors dienen. Die in den Figuren verwendeten Bezugszeichen entsprechend den Bezugszeichen der vorausgehenden Figuren, soweit sie bereits im Zusammenhang mit diesen erwähnt wurden.

Die Umschalteneinrichtung 5, die gleichzeitig auch als Netzschalter dient, um den Universalmotor 4 vom Netz 9, 11 abzutrennen, ist gegenüber den vorhergehenden Ausführungsbeispielen vereinfacht und enthält nur noch die beiden Umschaltkontakte 6 und 7, die von Hand betätigt werden.

Wie vorher, führt von der Netzanschlußklemme 9 eine Leitung 13 zu dem Anschluß 18 der Ankerwicklung 2, deren anderes Wicklungsende 19 über eine Leitung 21 mit den beiden feststehenden Kontakten 22 und 23 verbunden ist. Die beiden Wicklungsenden 24 und 25 der Feldwicklung 3 sind mit den beweglichen Kontakten 6 und 7 verbunden und die beiden noch verbleibenden feststehenden Kontakte 27 und 28 der Umschalteneinrichtung 5 sind einerseits über die Leitung 16 mit der Netzanschlußklemme 11 und andererseits mit einem Anschluß der Widerstandsbremseinrichtung 12 verbunden.

Die Widerstandsbremseinrichtung 12 kann, wie in den Fig. 1 bis 5 erläutert, aufgebaut sein; sie kann aber auch ausschließlich einen Festwiderstand enthalten, dessen Widerstand gegebenenfalls null sein kann.

Um die Schnellerregung zu erreichen, ist bei beiden Ausführungsbeispielen eine elektrische Energiequelle in Gestalt eines Kondensators 80 vorgesehen, durch den lediglich zu Beginn des Bremsbetriebs ein Vormagnetisierungsstrom für die Feldwicklung 3 erzeugbar ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 liegt der Kondensator 80 zwischen der Netzanschlußklemme 9 und dem Anschluß 31 des Widerstandsbremskreises 12. Parallel zu dem Kondensator 80 liegt eine Diode 81, die so gepolt ist, daß die im Generator bzw. Bremsbetrieb erzeugte Generatorspannung von der Diode 81 zu dem Anschluß 31 durchgelassen wird.

Um den Kondensator 80 während des Motorbetriebs aufzuladen, ist eine Diode 82 vorgesehen, die ebenfalls an dem Anschluß 31 liegt, und zwar mit derselben Elektrode wie die Diode 81, womit sie im Generatorbetrieb in Sperrrichtung betrieben würde. Die andere Elektrode der Diode 82, im vorliegenden Fall die Anode, ist mit dem Anschluß 25 der Feldwicklung 3 verbunden.

Für den Motorbetrieb wird die Umschalteneinrichtung

5 in die andere, nicht gezeichnete Stellung umgeschaltet. In dieser Stellung fließt aus dem Netz ein Strom über die Anschlußklemme 9 zu dem Anschluß 18 der Ankerwicklung 2, von dort über das Wicklungsende 9, über den feststehenden Kontakt 22, den beweglichen Kontakt 7 zu dem Wicklungsende 24 der Feldwicklung 3, von wo der Strom über den beweglichen Kontakt 6 und den feststehenden Kontakt 27 zu der Netzanschlußklemme 11 zurückfließt. In dieser Schalterstellung der Umschalteneinrichtung 5 liegt außerdem die Serienschaltung aus dem Kondensator 80 und der Diode 82 parallel zu den Netzanschlußklemmen 9 und 11. Die Netzspannung lädt bei entsprechender Polarität den Kondensator 80 auf den Scheitelwert auf. Bei der gezeichneten Polarität ist der mit der Netzanschlußklemme 9 verbundene Belag des Kondensators 80 gegenüber dem mit dem Anschluß 31 in Verbindung stehenden negativ vorgespannt. Die für die Schnellerregung notwendige elektrische Energie ist damit im Kondensator 80 gespeichert. Die Diode 81 wird hierdurch in Sperrrichtung vorgespannt und vermag den Kondensator 80 nicht zu entladen.

Zum Beenden des Motorbetriebs wird die Umschalteneinrichtung 5 losgelassen und kehrt selbsttätig in die in Fig. 6 gezeichnete Stellung zurück. Die Netzspannung ist dabei von dem Motor 4 abgeschaltet und gleichzeitig wird die Feldwicklung 3 gegenüber der Ankerwicklung 2 umgedreht, d.h. es ist jetzt das Wicklungsende 25 mit dem Wicklungsende 19 der Ankerwicklung 2 verbunden. Gleichzeitig stellt die Umschalteneinrichtung 5 die elektrische Verbindung zwischen dem Anschluß 32 des Widerstandsbremskreises 12 mit dem Wicklungsende 24 der Feldwicklung 3 her. Der aufgeladene Kondensator 80 kann sich bei dieser Schalterstellung der Umschalteneinrichtung 5 über die Serienschaltung aus dem Widerstandsbremskreis 12 der Feldwicklung 3 und der Ankerwicklung 2 entladen. Dabei erzeugt er in der Feldwicklung 3 einen Vormagnetisierungsstrom für das Statorpaket, der dieselbe Flußrichtung aufweist wie der Strom, der durch die Generatorspannung hervorgerufen wird, wenn die Selbsterregung eingeleitet ist. Die durch die Entladung des Kondensators 80 zustandekommende Vormagnetisierung des Stators hat, unabhängig von der Vorgeschichte, immer dieselbe Polarität und sorgt dafür, daß jetzt in den sich an der Feldwicklung 3 vorbeibewegenden Ankerwicklungen eine entsprechende Spannung induziert wird, die über die jetzt in Durchlaßrichtung betriebene Diode 81 und den Widerstandsbremskreis 12 zu der Feldwicklung 3 gelangt und dort den Magnetisierungsstrom mit derselben Polarität wie beim Entladen des Kondensators 80 aufrecht erhält.

Der nach Einleitung der Selbsterregung bzw. Entladung des Kondensators 80 auftretende Strom oder Bremsstrom wird von der Diode 81 übernommen.

Durch diese Schaltung wird erreicht, daß der Motor 4 nach dem Ausschalten des Motorbetriebs und Umschalten in den Bremsbetrieb innerhalb einer sehr kleinen Streuungsbreite zuverlässig zur Selbsterregung gebracht wird, womit auch die Streuungsbreite für das Abbremsen des Motors entsprechend klein ist. Die zur Erzeugung des Vormagnetisierungsstroms notwendige Energie wird dabei ausschließlich einem Speicher entnommen, der während des Motorbetriebs geladen wird, so daß für den Bremsbetrieb keine Energie dem Netz mehr entnommen werden muß.

Anstatt die elektrische Energiequelle in Gestalt des Kondensators 80 in Serie in den Bremsstromkreis einzu-

schalten, wie dies bei Fig. 6 der Fall ist, kann der Kondensator 80 auch zu der Feldwicklung 3 parallelgeschaltet werden, wie Fig. 7 zeigt. In diesem Falle ist der Kondensator einenends mit dem Wicklungsende 25 verbunden und liegt andernends an dem feststehenden Kontakt 28, von dem eine Diode zu dem Anschluß 32 des Widerstands-bremskreises 12 führt, dessen Anschluß 31 unmittelbar mit dem Netzanschluß 9 in Verbindung steht. Die gezeichnete Stellung der Umschalt-einrichtung 5 ist wiederum die Bremsstellung.

Während des Motorbetriebs, bei dem die Umschalt-einrichtung 5 in die andere, nicht gezeichnete Stellung umgeschaltet ist, liegt die Serienschaltung aus der Ankerwicklung 2 und der Feldwicklung 3 parallel zu den Netzanschlußklemmen 9 und 11. Gleichzeitig wird von der Netzanschlußklemme 9 über den Widerstands-bremskreis 12 und die bei der entsprechenden Netzhälfte in Durchlaßrichtung gepolte Diode 83 der Kondensator 80 aufgeladen, dessen anderer Anschluß gemeinsam mit dem Wicklungsende 25 der Feldwicklung 3 an der Netzanschlußklemme 11 liegt.

Zum Abschalten des Motorbetriebs und Einleiten der elektrischen Bremsung wird die Umschalt-einrichtung 5 losgelassen, die in die gezeichnete Stellung zurückkehrt. Dadurch wird, wie vorher, die Polung der Feldwicklung 3 gegenüber der Ankerwicklung 2 vertauscht und gleichzeitig wird der Kondensator 80 zu der Feldwicklung 3 parallelgeschaltet. Die Entladung des Kondensators 80 über die Feldwicklung 3 erzeugt in dieser einen Vormagnetisierungsstrom, der das gleiche Vorzeichen aufweist wie derjenige Strom, der im Generator oder Bremsbetrieb von der in der Ankerwicklung 2 induzierten Spannung hervorgerufen wird. Hierbei fließt der Bremsstrom über die Diode 83 und den Widerstands-bremskreis 12.

Wie bei dem vorigen Ausführungsbeispiel erzwingt die Entladung des Kondensators 80 immer dieselbe Vormagnetisierungsrichtung und damit immer dieselbe Polarität der in der Ankerwicklung 2 induzierten Spannung. Es ist klar, daß die Polarität der Diode 83 in Übereinstimmung hiermit gewählt werden muß, damit sie einerseits in der Lage ist, den Kondensator 80 entsprechend aufzuladen und andererseits den durch die in der Ankerwicklung 2 induzierte Spannung hervorgerufenen Bremsstrom durchlassen kann.

- Leerseite -

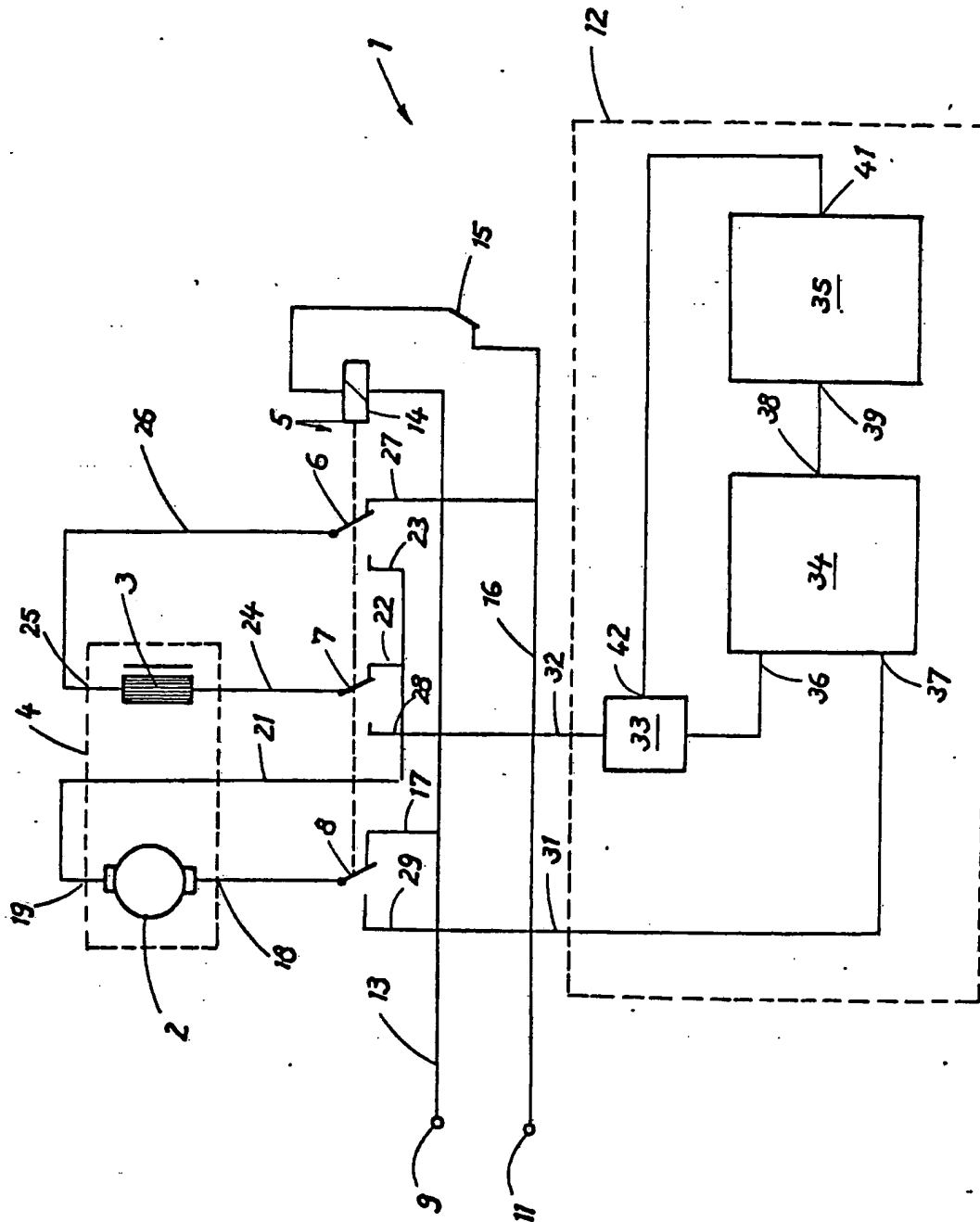
3539841

Nummer: 35 39 841  
 Int. Cl. 4: H 02 P 3/06  
 Anmeldetag: 9. November 1985  
 Offenlegungstag: 12. März 1987

NACHGEREICHT

Fig. 1

Fig. 1- Fig. 7



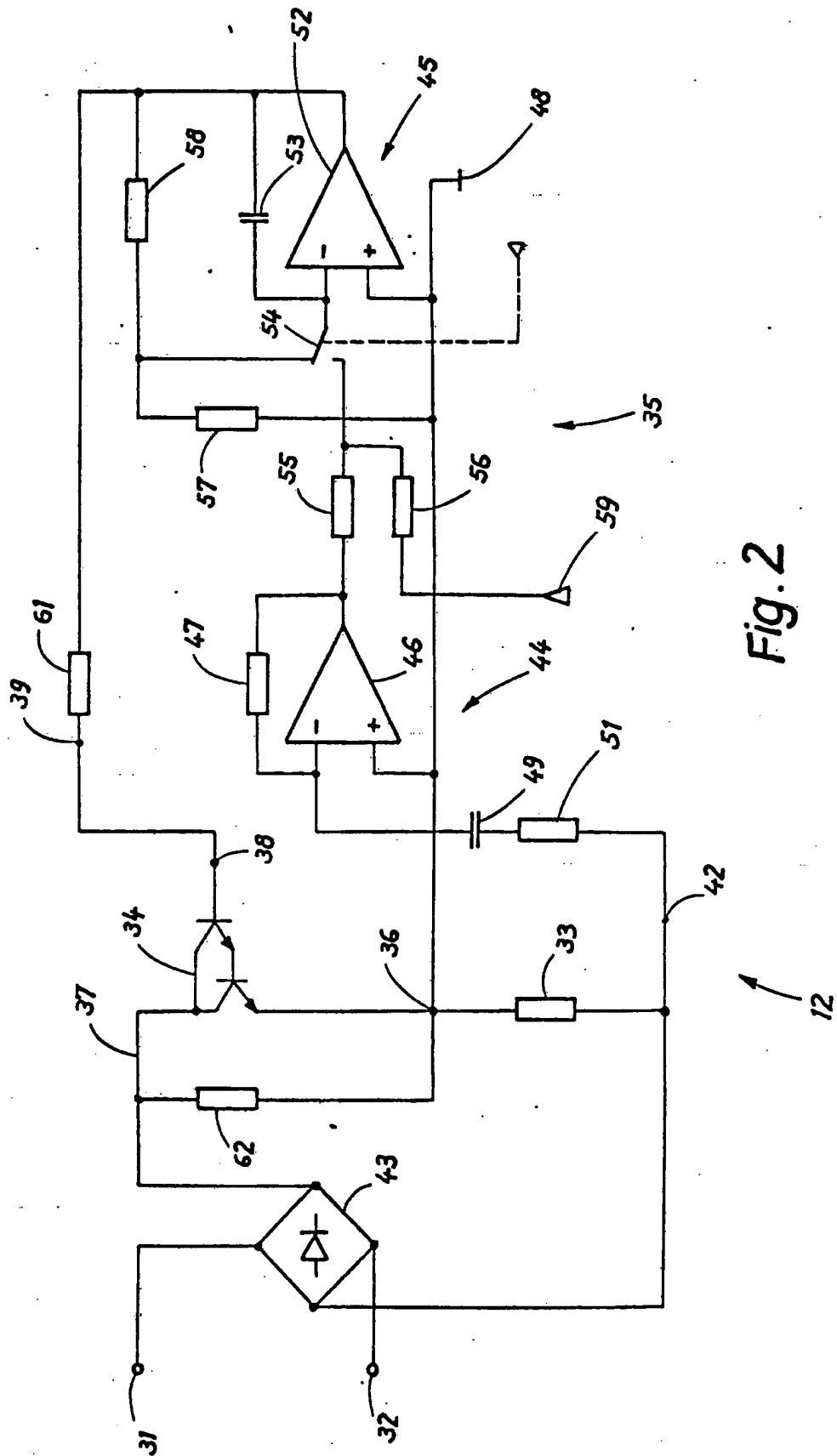


Fig. 2

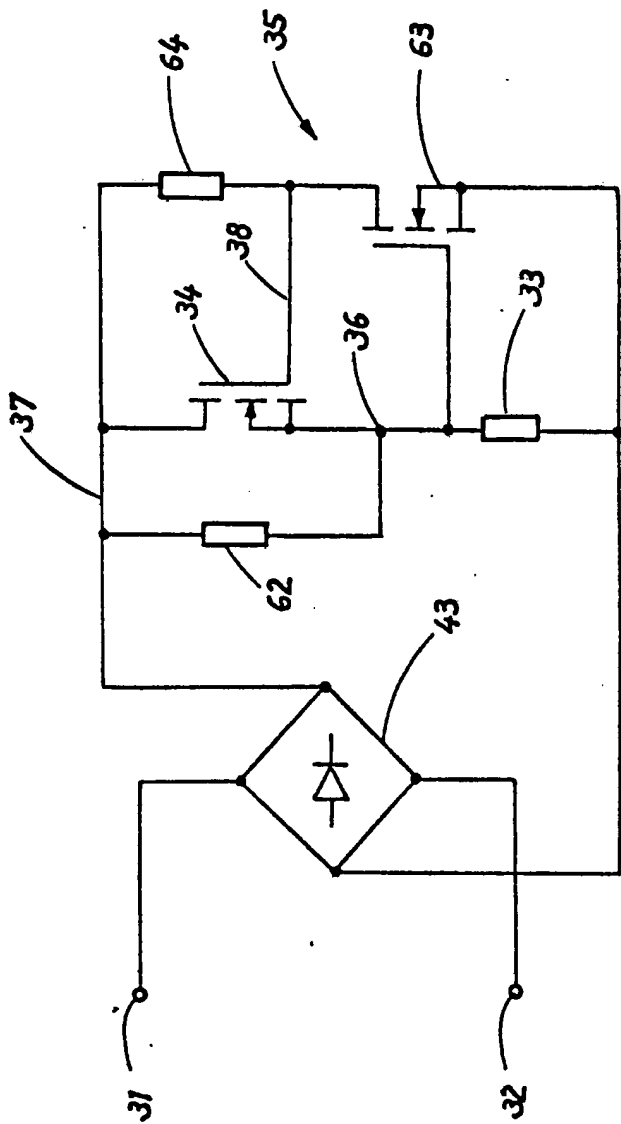


Fig. 3



3539841

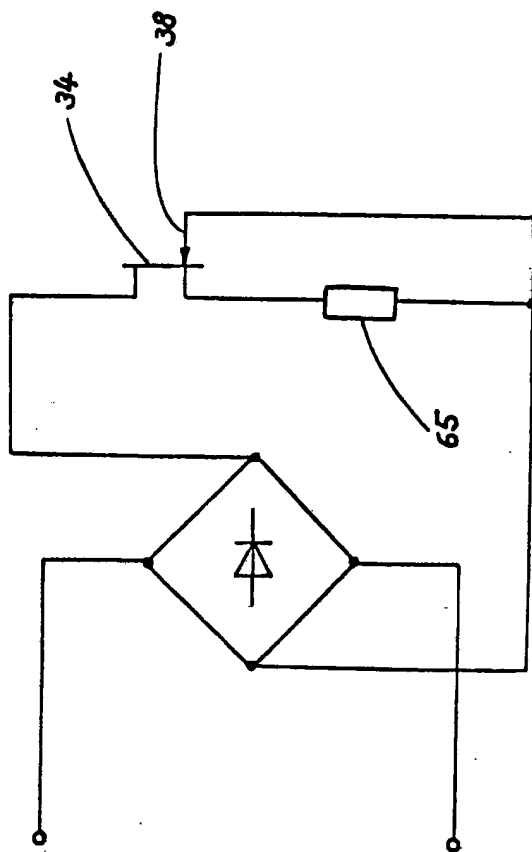


Fig. 4

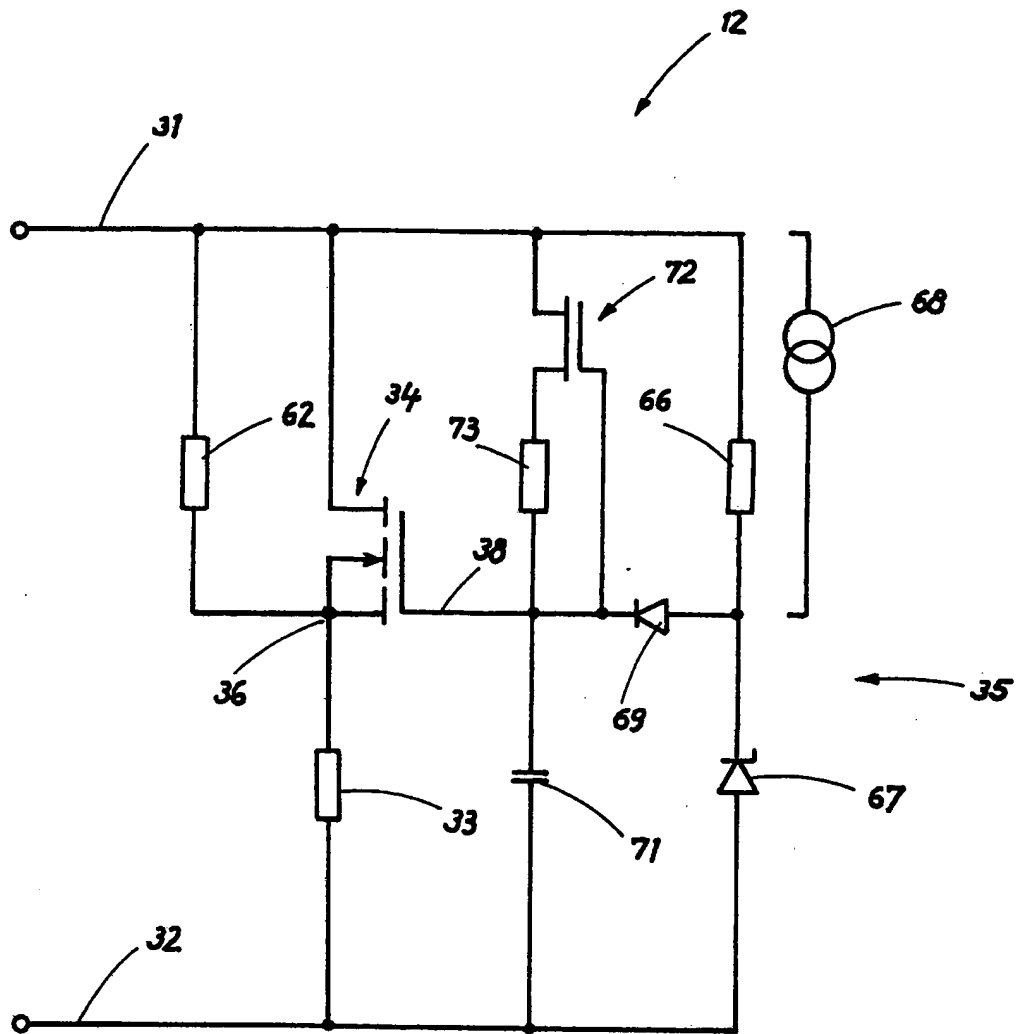


Fig. 5

3539841

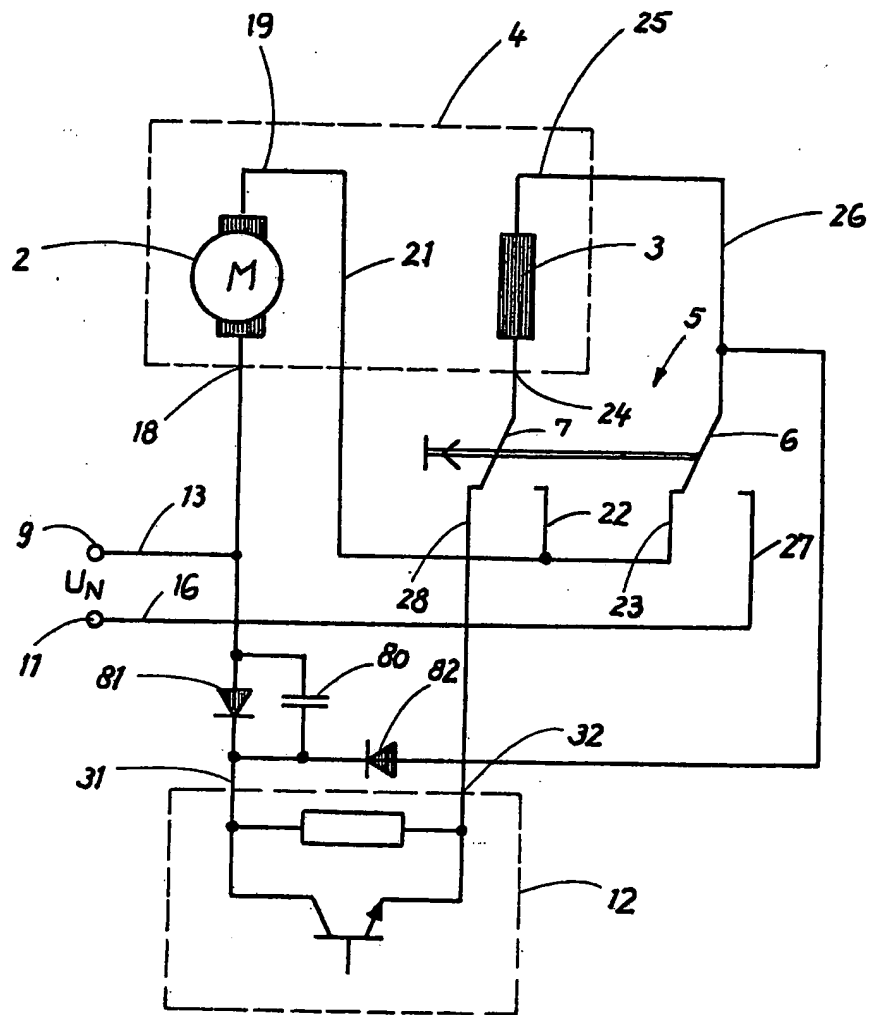


Fig. 6

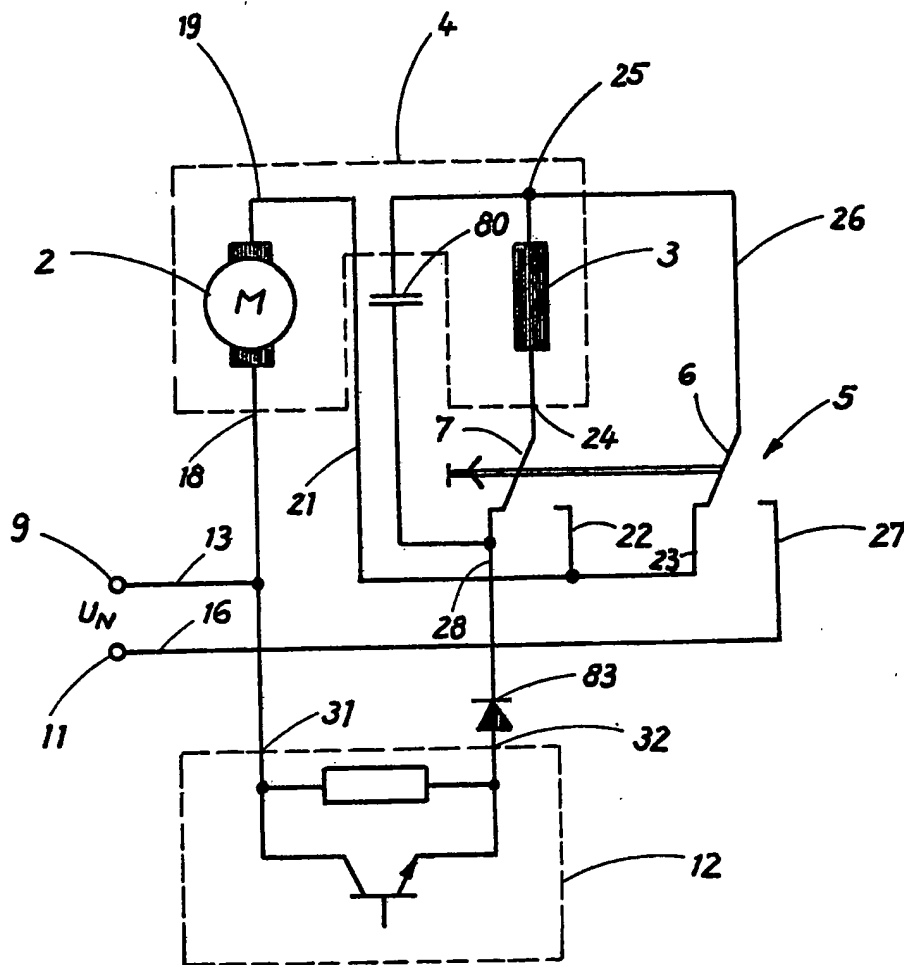


Fig. 7